

越前海岸沿い断層群の活動履歴

山本博文・木下慶之

福井大学教育学部地学教室

〒910-8507 福井市文京 3-9-1

Tel.0776-27-8902 Fax.0776-27-8524

E-mail:yamamoto@edu00.f-edu.fukui-u.ac.jp

1. はじめに

丹生山地が日本海に接する越前海岸では、山が海まで迫り、海岸沿いは急峻な地形となっている。丹生山地は標高 200~600m の起伏に富んだ山地であるが、分水嶺は著しく越前海岸側に偏在しており、福井平野側へは徐々に高度を下げているのに対し、越前海岸側は急傾斜となっている。全体的に見ると丹生山地は越前海岸側が上昇、東に傾動した形態を示している（服部ほか，1993）。また丹生山地南側の南条山地においても、準平原の高度、分水嶺の位置、下流部が断絶したいわゆる‘風谷’の存在から更新世後期、あるいは完新世での東への傾動運動が推定されている（塚野，1969）。この傾動運動は、河成段丘分布等から明らかにされた河川系の変遷（小村，1982；岡島・山本，1995）からも示される。

越前海岸は傾動に伴い、著しい隆起域となっている。海岸沿いには海成段丘が発達しており、その旧汀線高度、形成年代、および古海水準より、最大で 1m/1,000 年を越える隆起速度が求められている（太田・成瀬，1977；山本ほか，1996）。これに対し、若狭湾海底には新第三系が削剥されて形成された侵食平坦面が広く分布し、これを厚い第四系が傾斜不整合で覆っている（山本ほか，1993；Yamamoto，1993；山本・梅田，1993）。侵食面の深度は若狭湾西方では往復走時で 0.4 秒（約 300m）であるが、東に徐々に深くなり、越前岬沖では 0.9 秒（約 700m）を越えている（図 1）。すなわち、若狭湾域は全体的に見ると東に傾動しながら沈降しているといえる。

この隆起する丹生山地と沈降する若狭湾の境界をなしているのが、越前海岸に沿って通っていると推察されている断層群である。福井県（1997）はマルチチャンネル音波探査によりこれらの断層群の調査を行い、甲楽城断層およびその北方に連なる活断層群を明らかにし、また山本・福井県地域活断層調査検討会（1998）は海岸沿いに更にいくつかの推定活断層を示している（図 1）。これらの断層群の活動度については、海岸部の平均隆起速度等からある程度推定できるが、活動間隔や最新活動時期等については明らかにされていない。そこで今回、越前海岸の隆起地形について詳細な調査を行い、離水地形から断層変位量や活動範囲を求め、岩礁に付着している貝の ^{14}C 年代、および遺跡の年代等から活動時期を推定した。この調査は現在も進行中であり、本報告はその中間報告である。

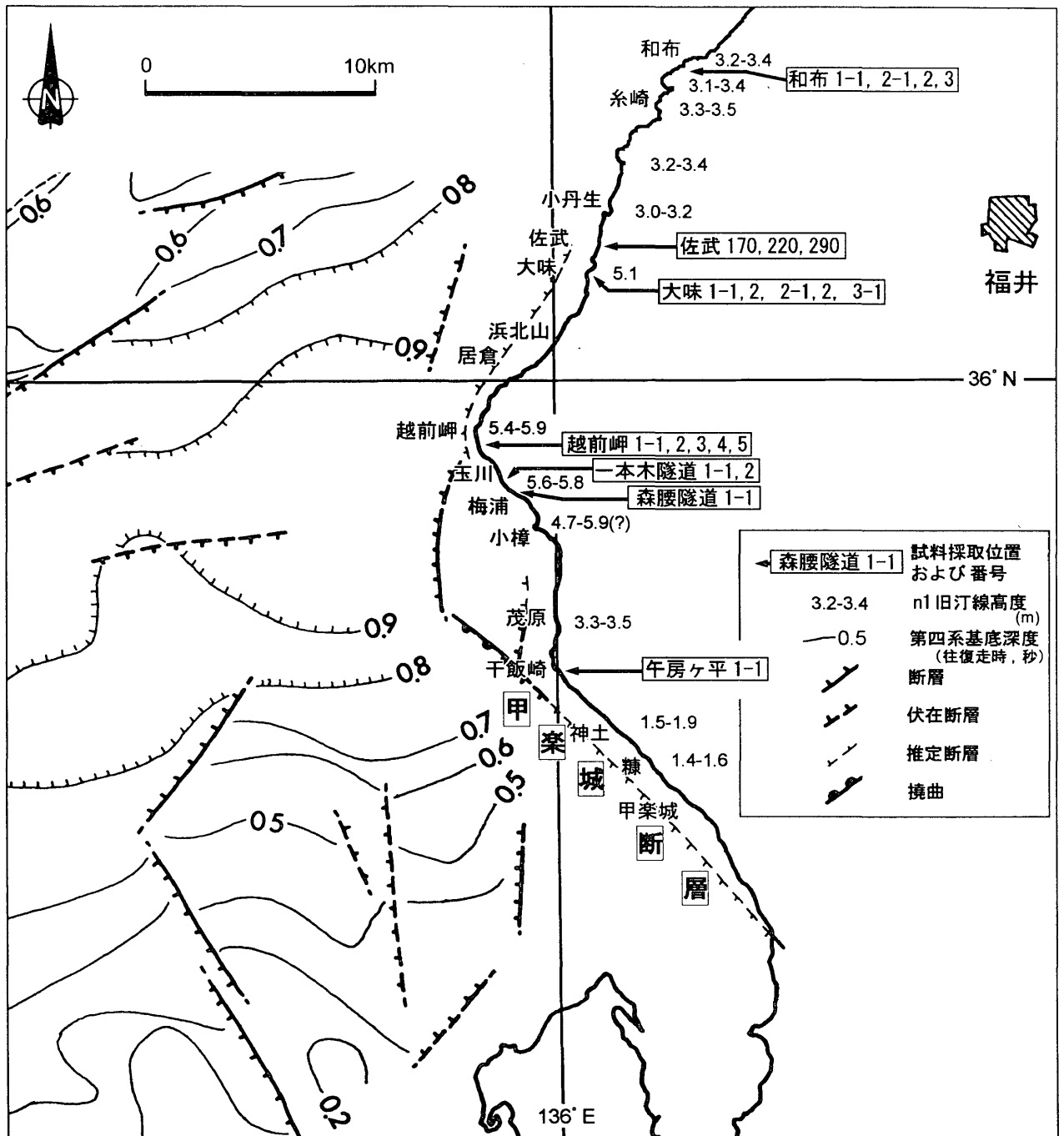


図1. 越前海岸沿いおよび若狭湾東部の活断層分布、海底下の第四系基底面深度分布、n1旧汀線高度分布、および試料採取位置。若狭湾東部海域については、山本・梅田（1993）、越前海岸沿いの断層群については福井県（1997）をもとに加筆・修正した。

2. 岩石海岸の離水地形と隆起量の認定

岩石海岸では波の侵食作用等により、海水準付近に特徴的な微地形が形成される。潮間帯に形成される主な微地形としては、波食棚、波食窪、海食洞等があり、また波食棚や海食台面上には海食甌穴も見られる。越前海岸では、現在形成されつつあるこれらの微地形を観察することができるが、過去において形成され、現在は離水してしまったものも多数認められる。これらの離水地形は、越前岬付近では、標高 10m を越える高さにも認められ（図 2-1, 2）、かつてはこの高さに海水準があったことを示している。

旧汀線の認定は主に波食窪の高度を使用した。波食窪のどの部分を旧汀線の位置とみなすかについては、武永（1968）に従い、いちばん窪んだ *retreat point* を用いたが、これについては、今後、検討が必要である。また波食窪が認められない地点では、波食棚や海食洞の高度を用いた。波食棚が形成される高さ（深さ）については、茅根・吉川（1986）は、房総半島南東海岸では中潮位ないし低潮位としている。越前海岸では、現在形成されつつある波食棚が高潮位付近から低潮位付近まで認められる。この海域における潮位差は約 0.2m であり、よって波食棚の高さから推定される旧汀線高度の誤差は $\pm 0.2\text{m}$ 程度と考えられる。離水した海食洞については、海食洞内に波食窪や波食棚が形成されている場合はこの高さを旧汀線高度としたが、確認できない場合は、洞中の一番奥の底面高度を旧汀線の参考値とした。この他に後述する穿孔貝やウニの生痕、海食甌穴の高度も旧汀線を認定する際の参考にした。

以上のようにして求めた旧汀線は、越前海岸では 2 ないし 3 つの高さに分けることができ、下位より n_1 , n_2 , n_3 と呼ぶこととする。すなわち越前海岸では少なくとも 3 回の相対的な海水準の低下（海岸沿いの断層群の活動による隆起）が読み取れることになる。そしてこれらの微地形が離水した時期が、断層の活動した時期であるといえる。

3. 離水時期の認定

離水時期は岩礁に付着している貝類の ^{14}C 年代、および遺跡の年代から推定した。

離水した岩礁には多くの穿孔貝やウニの巣穴が観察される。穿孔貝の巣穴は直径 1~2cm、奥行きは数 cm であり、入り口より内部のほうが広がっている。このため、この穴で生息していた穿孔貝の遺骸がそのまま巣穴の中に残されていることがある（図 2-3, 4）。越前海岸の岩礁で見つかった穿孔貝は、カモメガイやトマヤガイなどであり、標高 1.4~4.8m の高さから 10 数個採取している。また岩の割れ目やウニの巣穴の中にはヘビガイの遺骸が付着していることもある（図 2-5）。穿孔貝やヘビガイは潮間帯以深に生息している貝であり、これらが生息していた頃、すなわち殻の ^{14}C 年代の示す頃はまだ離水していなかったと言える。

一方、海成低位段丘上や離水海食洞中には、数々の遺跡が知られている。これらは製塩跡や水産加工に使用した跡などであり、離水したのちに利用したことは明らかである。よってこれらの遺跡の年代は、離水した後の年代を示しているといえる。

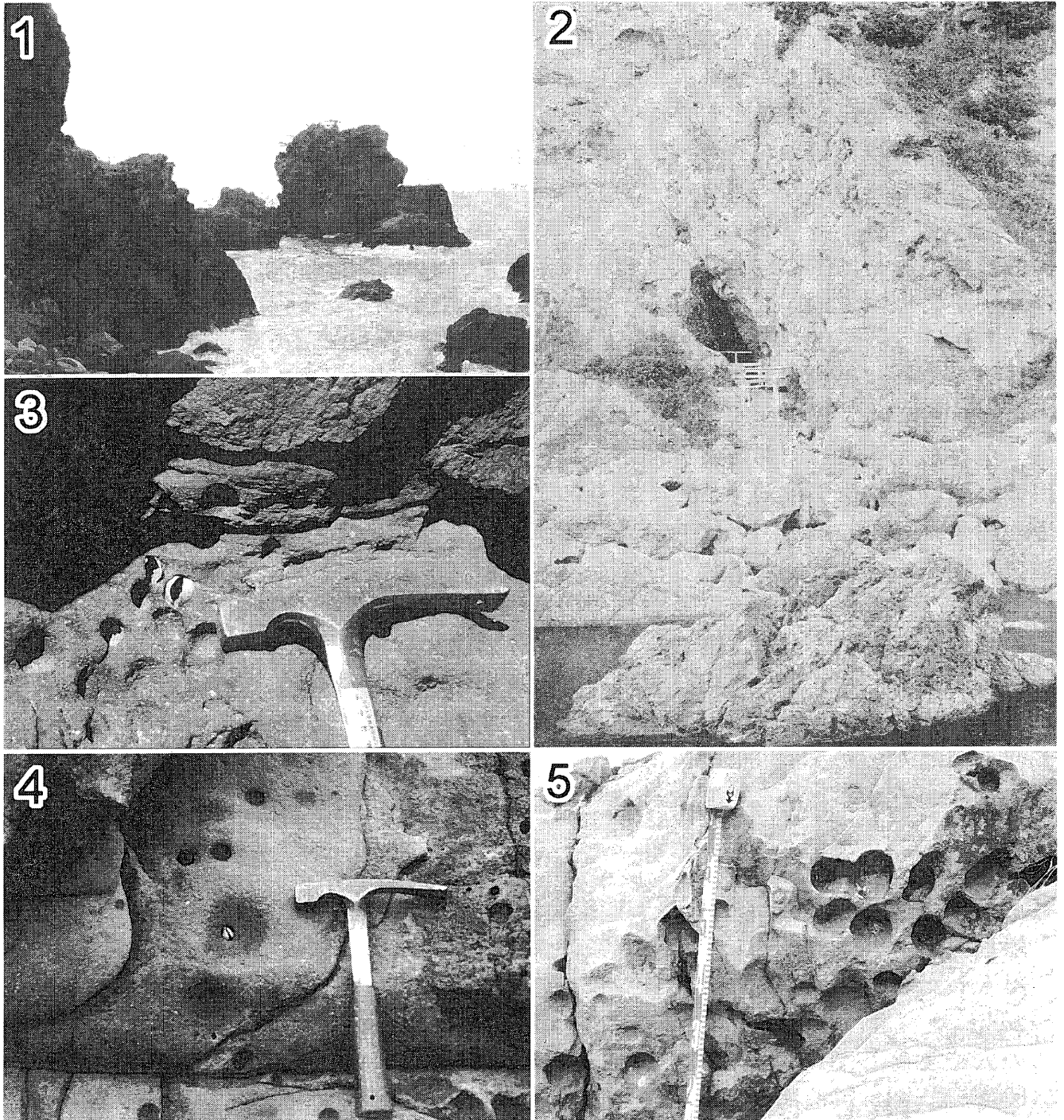


図2. 越前海岸沿いの離水地形、および岩礁に付着していた穿孔貝、ヘビガイの遺骸。
 1. 越前岬南側の波食窪・波食棚。n2旧汀線に対比される。 2. 越前岬南側の離水海食洞。かつては玉川観音が祭られていた。写真は明治42年発行の丹生郡誌に掲載されていたもの。 3. 和布の標高2.2mの地点で見出されたカモメガイ（和布2-1, 2）。 4. 和布の標高2.4mの地点で見出されたトマヤガイ（和布1-1）。 5. 佐武のウニの巣穴の中に付着していたヘビガイ。

4. 越前海岸沿いの断層群の活動履歴

越前海岸では、前述のように2ないし3段の離水地形があるが、本報告ではこのうち離水地形が明瞭であり、離水時期を示す試料が多く得られている最も低位、すなわち最新の断層活動を示すn1について紹介する。なお、高位のn2, n3等から推察される活動については、機会を改めて報告したいと考えている。

4-1. 旧汀線高度分布

波食窪、波食棚等から求められたn1旧汀線高度を図1に示す。

調査地域の北部に位置する和布から大味にかけての地域では、n1旧汀線は標高3～5mの高さに分布する。北端部の和布付近では標高3.2～3.4mの波食窪や標高3.1～3.4mの波食棚が幾つか確認される。また保存良好な穿孔貝の生痕は標高3.1m付近まで多数認められ、標高2.0～2.4mで見出されたヤマトガイ、トマヤガイ、ヘビガイの遺骸を採取した（和布1-1, 和布2-1,2,3; 図2-3, 4）。またその南側の糸崎では、標高3.3～3.5mに波食棚が発達しており、保存状態の良い穿孔貝の生痕が標高2.8mまで多数確認することができ、2.2mの高さに穿孔貝の遺骸を見出している。小丹生付近では標高3.0～3.2mに波食棚が広がっており、穿孔貝の生痕も標高2.3mまで、海食甌穴も標高1.8mに認められる。大味北方の佐武では、岩礁の隙間に多くのウニや穿孔貝の生痕があり、ウニの巣穴の中にはヘビガイの遺骸が多数付着している（図2-5）。大味付近では、穿孔貝の生痕および波食棚の高度から旧汀線は5.1mの高さに認定される。また穿孔貝、ヘビガイの遺骸を標高1.4～3.1mで採取した（大味1-1,2, 2-1, 2, 3-1）。

調査地域中部の越前岬周辺では、n1旧汀線高度は5～6mの高さを示している。大味から居倉までは岩礁が少なく、離水地形はほとんど確認することができないが、浜北山付近には鯨穴洞穴と呼ばれている離水海食洞がある。この海食洞の底面の高さは、奥部では約5mである。越前岬付近では、波食窪・波食棚が多数認められ、旧汀線高度は5.4～5.9mを示している。また保存状態の良い穿孔貝の生痕も4.9m付近まで認められ、越前岬の南において穿孔貝およびヘビガイの遺骸を2.7～3.1mの高さから採取した（越前岬1-1,2,3,4,5）。玉川～梅浦では波食窪、波食棚から旧汀線高度は5.6～5.8mである。保存状態の良い穿孔貝の生痕も5m付近まで認められ、2.2～4.8mの高さから穿孔貝およびヘビガイの遺骸を採取した（一本木隧道1-1,2, 森腰隧道1-1）。また小樟付近では穿孔貝の生痕が標高4.4mまで確認でき、不明瞭ながら4.7～5.9mの高度を示す波食窪が認められた。

調査地域の南部に位置する茂原から甲楽城にかけての地域では、n1旧汀線高度は1～4mの高さに認められ、南側ほど低くなっている。茂原付近では波食窪、波食棚より3.3～3.5mの高さに旧汀線が認定できる。穿孔貝の生痕は標高2.4mまで認められ、穿孔貝やヘビガイの遺骸も1.6～2.3mの高さで見出されている。干飯崎の南側では、明瞭な波食窪や波食棚は形成されておらず、旧汀線高度はよく分からないが、穿孔貝の生痕は高さ2.1mまで確認でき、標高1.8mにおいて穿孔貝の遺骸を採取した（午

房ヶ平 1-1)。また 2.7m の高さで海食甌穴が見出された。神土では標高 1.5～1.9m の高さに波食窪があり、糠では 1.4～1.6m の高さに波食棚を確認できる。また、離水した海食甌穴が 0.5～1.0m の高さにあり、穿孔貝の生痕も標高 0.5m 付近まで認められた。しかし甲楽城以南においては、n1 旧汀線に相当する離水地形をはっきりとは認定できなかった。

以上のように越前海岸では n1 旧汀線高度は越前岬付近が 5～6m と最も高く、北側、南側に低くなっていることが明らかとなった。

4-2. 離水年代

n1 旧汀線の離水年代を、穿孔貝、ヘビガイの遺骸の ^{14}C 年代、および遺跡の年代から推定した。

越前海岸においては、前述のように幾地点かにおいて穿孔貝およびヘビガイの遺骸を採取することができ、このうち 6 地点 9 試料の ^{14}C 年代を測定した。また福井県 (1997) は佐武の 1.7m, 2.2m, 2.9m の高さから採取したヘビガイ (佐武 170, 220, 290) の ^{14}C 年代を報告している。これらの年代測定結果を合わせて表 1 に示す。得られた年代値は 15～16 世紀頃を示すものが多く、10～14 世紀のものも認められた。このように年代がばらつく原因としては、穿孔貝の場合、貝が死んだ後も遺骸が穴から出てしまうことはなく、長い間その場に保存されるためと推定される。なお後述の遺跡の年代と矛盾する越前岬 1-3 を除くこれらの ^{14}C 年代から、離水時期は 15～16 世紀以降と考えられる。

表 1. 越前海岸で採取された穿孔貝、ヘビガイの ^{14}C 年代測定結果。
*印の付いた佐武 170, 220, 290 は福井県 (1997) による。

| 試料番号 | 貝種 | 標高 | $\delta^{13}\text{C}$ | ^{14}C age (yr BP) | Calibrated age (1 σ range) |
|-----------|-------|------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 和布 1-1 | トマヤガイ | 2.4m | 1.70 | 773 \pm 82 | AD1485-1629 |
| 和布 2-1 | カモメガイ | 2.2m | 1.49 | 988 \pm 80 | AD1324-1434 |
| 佐武 170* | ヘビガイ | 1.7m | 1.8 | 800 \pm 60 | AD1465-1565 |
| 佐武 220* | ヘビガイ | 2.2m | 0.4 | 750 \pm 60 | AD1500-1645 |
| 佐武 290* | ヘビガイ | 2.9m | 1.0 | 1020 \pm 60 | AD1310-1415 |
| 大味 2-2 | カモメガイ | 1.4m | 0.94 | 1401 \pm 74 | AD 925-1085 |
| 大味 3-1 | トマヤガイ | 2.9m | 1.67 | 1131 \pm 80 | AD1199-1342 |
| 越前岬 1-2 | トマヤガイ | 2.7m | 1.43 | 870 \pm 76 | AD1410-1528 |
| 越前岬 1-3 | トマヤガイ | 3.1m | -0.49 | 572 \pm 80 | AD1669-1851 |
| 一本木隧道 1-2 | カモメガイ | 2.2m | 1.30 | 1316 \pm 84 | AD1024-1190 |
| 森腰隧道 1-1 | カモメガイ | 4.8m | 0.82 | 1134 \pm 83 | AD1192-1341 |
| 牛房ガ平 1-1 | トマヤガイ | 1.8m | 2.02 | 1156 \pm 95 | AD1156-1332 |

一方、越前海岸沿いで報告されている遺跡の分布 (例えば福井県教育委員会, 1993) を見ると、n1 旧汀線高度付近には中世以前の遺跡はなく、近世以降の遺跡が僅かに報告されているのみである。その中で n1 旧汀線に関連する遺跡としては、浜北山にあ

る鯨穴洞穴と呼ばれている離水海食洞中の遺跡をあげることができる。越廼村誌編集委員会（1988）によれば、洞窟中には3ヶ所たき火跡が見られ、江戸時代初期（17世紀中葉頃）の陶器が出土しており、海と関係した仕事をする人が居住していたと記されている。すなわち、この海食洞は17世紀の半ばには離水していたということになる。また小樟の北側では、n1旧汀線とほぼ同じ高さの低位段丘を覆う土壌から17世紀の越前赤瓦の破片を見出している。以上のことから、n1旧汀線は17世紀には離水していたと言える。

以上の岩礁に付着していた貝の ^{14}C 年代、および遺跡の年代から、離水時期は15～16世紀頃と推察される。

5. 越前海岸沿いの断層群の活動と今後の問題点

旧汀線高度分布から、この変位をもたらした断層の活動について考察した。越前海岸で広範囲にわたって認められたn1旧汀線は、15～16世紀頃、越前海岸沿いの断層の活動によって離水したと考えられる。断層運動の垂直変位量は、当時の海水準を現在と同じとすると、海面からn1旧汀線までということができ、最大で約5.8mとなる。水平変位量については不明である。一方、断層の活動した範囲は、明瞭なn1旧汀線が認められた北部の和布から南部の糠付近までとすると、その長さは約40kmとなる。この値を松田の式にあてはめ、地震の規模を推定すると、マグニチュードは7.5～7.9となり、広範囲にかなりの被害をもたらした地震が発生したものと思われる。しかしこの地震と推察される古文書の記録はまだ見出していない。一方、活動周期は、n2、n3の離水時期を明らかにすることにより求めることができる。n2旧汀線の離水時期については、遺跡の年代や貝の ^{14}C 年代等からすると縄文晩期頃の可能性があるが、離水時期を示す試料や遺跡の報告が少なく、更に検討が必要である。n3旧汀線についてはまだ離水時期を示すデータを得ていない。

今後の課題としては、旧汀線高度をより正確に求めるために、汀線と微地形との関連を再検討するとともに、まだ散点的なデータしかなく、離水年代も明らかになっていないn2、n3旧汀線についても、地域的な広がりや高度分布を明らかにし、離水時期を示す試料を得る必要がある。またn1旧汀線についても離水時期をより明確にし、古文書の記録との対比を行ってゆきたい。

謝辞 本研究を進めるにあたり、名古屋大学年代測定資料研究センターの中村俊夫博士には岩礁に付着した貝の ^{14}C 年代測定をしていただいた。福井県立丸岡高校の中川登美雄博士には、貝の鑑定をしていただくとともに、年代測定試料を提供していただいた。福井県埋蔵文化財調査センターの仁科章所長には遺跡について多くのご教示をいただいた。同センターの河村健史氏には遺物の鑑定を、富山正明氏には遺跡のデータを見せていただいた。また福井大学教育学部服部勇教授、中島正志教授には本研究を進めるにあたり多くのご助言をいただいた。以上の方々に、深く御礼申し上げます。

引用文献

- 服部 勇・福井卓雄・水谷伸治郎・大矢芳彦・山本博文 (1993) 越前海岸玉川崩落災害の地質学的解析－長周期過程と崩落の再来周期の推定－. 自然災害科学, **12**, 125-139.
- 福井県 (1997) 柳ヶ瀬断層帯 (柳ヶ瀬断層, 山中断層, 甲楽城断層) に関する調査成果報告書. 福井県, 165p.
- 福井県教育委員会 (1993) 福井県遺跡地図. 205p.
- 茅根 創・吉川虎雄 (1986) 房総半島南東岸における現成, 離水侵食海岸地形の比較研究. 地理評, **59**, 18-36.
- 小村良二 (1982) 福井県丹生山地, 天王川上流域の水系変化－河岸段丘による検討－. 地調月報, **33**, 133-140.
- 越廼村誌編集委員会 (1988) 越廼村誌 本編. 越廼村, 909p.
- 岡島尚司・山本博文 (1995) 福井県丹生山地における河川系の変遷 (予報). 福井大学積雪研究室研報「日本海地域の自然と環境」, **2**, 1-8.
- 太田陽子・成瀬 洋 (1977) 日本の海成段丘－環太平洋地域の海面変化・地殻変動の中での位置づけ－. 科学, **47**, 281-292.
- 武永健一郎 (1965) ノッチの形態と成因について. 地学雑, **77**, 17-29.
- 塚野善蔵 (1969) 福井県地質図幅説明書. 福井県, 117p.
- Yamamoto, H. (1993) Submarine geology and post-opening tectonic movements in the southern region of the Sea of Japan. *Marine Geology*, **112**, 133-150.
- 山本博文・福井県地域活断層調査検討会 (1998) 越前海岸沿いの活断層. 日本地震学会 1998 年度秋季大会講演予稿集, 128.
- 山本博文・上嶋正人・岸本清行 (1993) 経ヶ岬沖海底地質図および同説明書. 海洋地質図, 40, 地質調査所, 39p.
- 山本博文・中川登美雄・新井房夫 (1996) 越前海岸に発達する海成中位段丘群の対比と隆起速度. 第四紀研究, **35**, 75-85.
- 山本博文・梅田美由紀 (1993) 北陸沖日本海の地質構造とその意義. 福井市自然史博物館研報, 40, 13-26.